



FACULTAD DE
AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

DRENAJE



BIBLIOGRAFIA

- **CURSO INTERNACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE** -CENTRO DE ENTRENAMIENTO DE ARARANGUA - S.C. - BRASIL - Apuntes de clase.
- **GARCIA, MARIO** - Drenaje. Código 334
- **GARCIA, M. , CHAMORRO, A.** Drenaje del perfil en viñedos en la zona sur del Uruguay. I. Evaluación del efecto en la napa freática- resultados preliminares. Libro de actas GESCO 2003 Uruguay.
- **S.C.S. - U.S.D.A.** - Principios de avenamiento o drenaje.
- **SALGADO, LUIS** - Drenaje
- **SCHWAB, G.O.; FREVERT, R.K.; BARNES, K.K. and EDMINSTER, T.W.** - Elementary soil and water engineering.
- **SMEDEMA, LAMBERT K. and RYCROFT, DAVID W.** - Land drainage: planning and design of agricultural drainage systems.
- **VOLTOLINI, JOAO** - Drenagem

INTRODUCCIÓN

Drenaje: Remoción por medios naturales o artificiales del exceso de agua acumulado en la superficie o a lo largo del perfil del suelo.

Objetivos: Recuperar suelos con problemas de:

- Nivel freático alto
- Salinidad
- Sujetos a inundaciones
- Sujetos a encharcamientos

Con la finalidad de mejorar la rentabilidad del cultivo



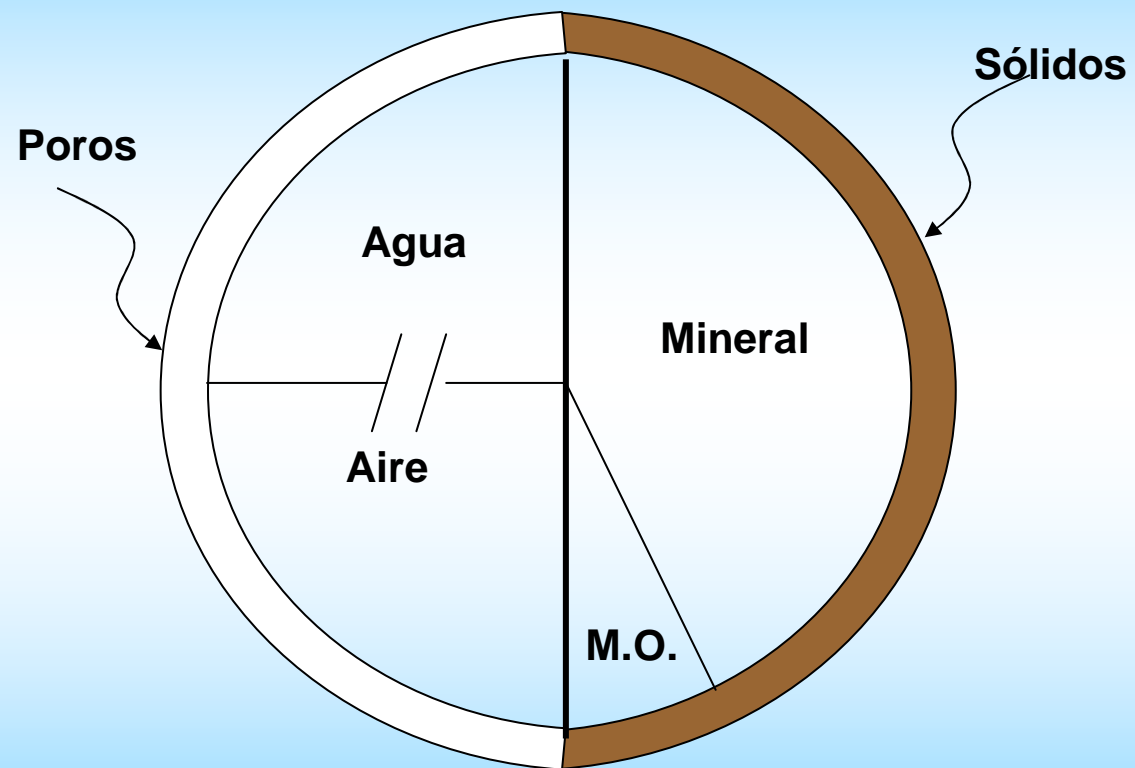
PROBLEMAS DE LOS EXCESOS DE AGUA

Del cultivo:

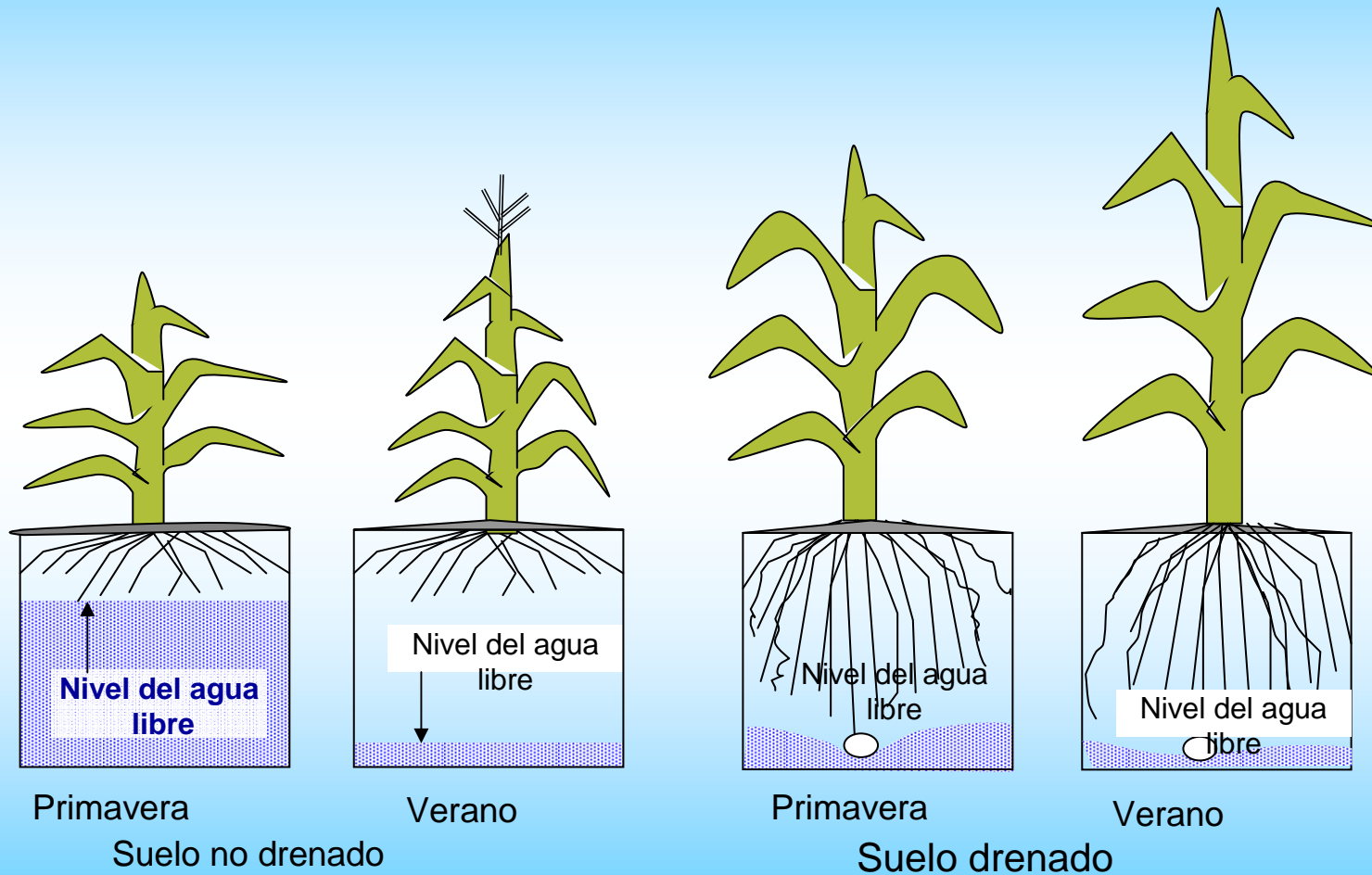
- ❑ Inadecuada aireación de las raíces
- ❑ Restricción de la respiración
- ❑ Aumento de los niveles de CO_2 hasta ser tóxicos
- ❑ Concentraciones tóxicas de Fe y Mn reducidos, sulfuros y gases orgánicos

Dependerá de:

- Duración del exceso
- Especie cultivada
- Estado fenológico



Desarrollo radicular de cultivos creciendo en suelos no drenados y drenados.




INVESTIGACIONES BÁSICAS NECESARIAS

1. *Propiedades físicas del suelo*

- Porosidad drenable \approx H% suelo saturado – H% C.C.

$$\beta = \left(1 - \frac{D_{ap}}{D_r} \right) * 100 \quad D_r \approx 2.65$$

- Profundidad de la capa impermeable (permeabilidad < 1/10 de la del suelo)
- Conductividad hidráulica 

INVESTIGACIONES BÁSICAS NECESARIAS

2. Flujo subterráneo de agua

- Plano de curvas de nivel de la napa freática (líneas de equipotencial)
- Trazar las líneas de flujo
- Identificar puntos de carga y descarga



INVESTIGACIONES BÁSICAS NECESARIAS

3. Tolerancia de la planta

- Efecto de una mala aireación sobre las plantas
 - epistasia o curvatura de las plantas
 - raíces adventicias
 - pérdida de geotropismo
 - abscisión prematura de las estructuras de reproducción
 - toxicidad de algunos elementos nutritivos (Fe, Co, Mn, Cu, Zn, S.)

Rendimiento relativo de algunos cultivos por efecto del nivel freático variable.

CULTIVO	SUELO	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (cm)								
		15	30	45	60	75	90	100	120	150
Trigo	Arc.			58	77	89	95			100
Cebada	Arc.			58	80	89	95			100
Avena	Arc.			49	74	85	95			100
Alfalfa	Lim.Arc.				100				97	
Maíz	Arc.Lim.	45	55	67	70		100			
Maíz	Ar. Lim.	80	100	96	83					
Maíz	Lim.Arc.		41	82	85	100	85	45		
Arveja	Arc.			50	90		100	100	100	100
Poroto	Arc.			79	84		90		94	100
Soja	Lim.Ar.	64	63	78	100	86				
Tomate	Lim.	9	28	47	60		100			
Remola.	Arc.			71	84		92		97	100
Papa	Arc.			90	100		95	92		
Sorgo	Arc.	73	86	93	100	93				
Repollo	Lim.Ar.	65	80	100	90	80				
Zapallo	Lim.	21	48	58	65	78	90	100		

Daños producidos sobre el rendimiento de algunos cultivos sometidos a inundación.

CULTIVO	NUMERO DE DIAS DE INUNDACION			
	3	7	11	15
Forrajeras peren.	10	25	55	85
Pasturas	0	14	26	42
Boniato	42	84	100	100
Girasol	10	28	50	72
Cáñamo	15	40	61	88
Cereales	14	36	60	90
Maíz	13	57	85	100
Remolacha azuc.	10	44	91	100

SISTEMAS DE DRENAJE

Sistema de campo

Junta el exceso de agua del terreno por medio de una red de drenes

Se dividen en dos grandes tipos:

- Sistema de drenaje del agua del perfil
- Sistema de drenaje superficial

Sistema Principal

Recibe agua de los sistemas de campo y los conduce a la salida. En general está compuesto por canales de diferente orden

Salida

Punto terminal de todo el sistema y descarga el agua en un drenaje natural de la zona.

El nivel de agua de la salida determina:

- la base de drenaje
- la carga hidráulica disponible para el flujo,
- el nivel al cual se podrán bajar las napas y
- la posibilidad de drenar por gravedad o si es necesario bombear.

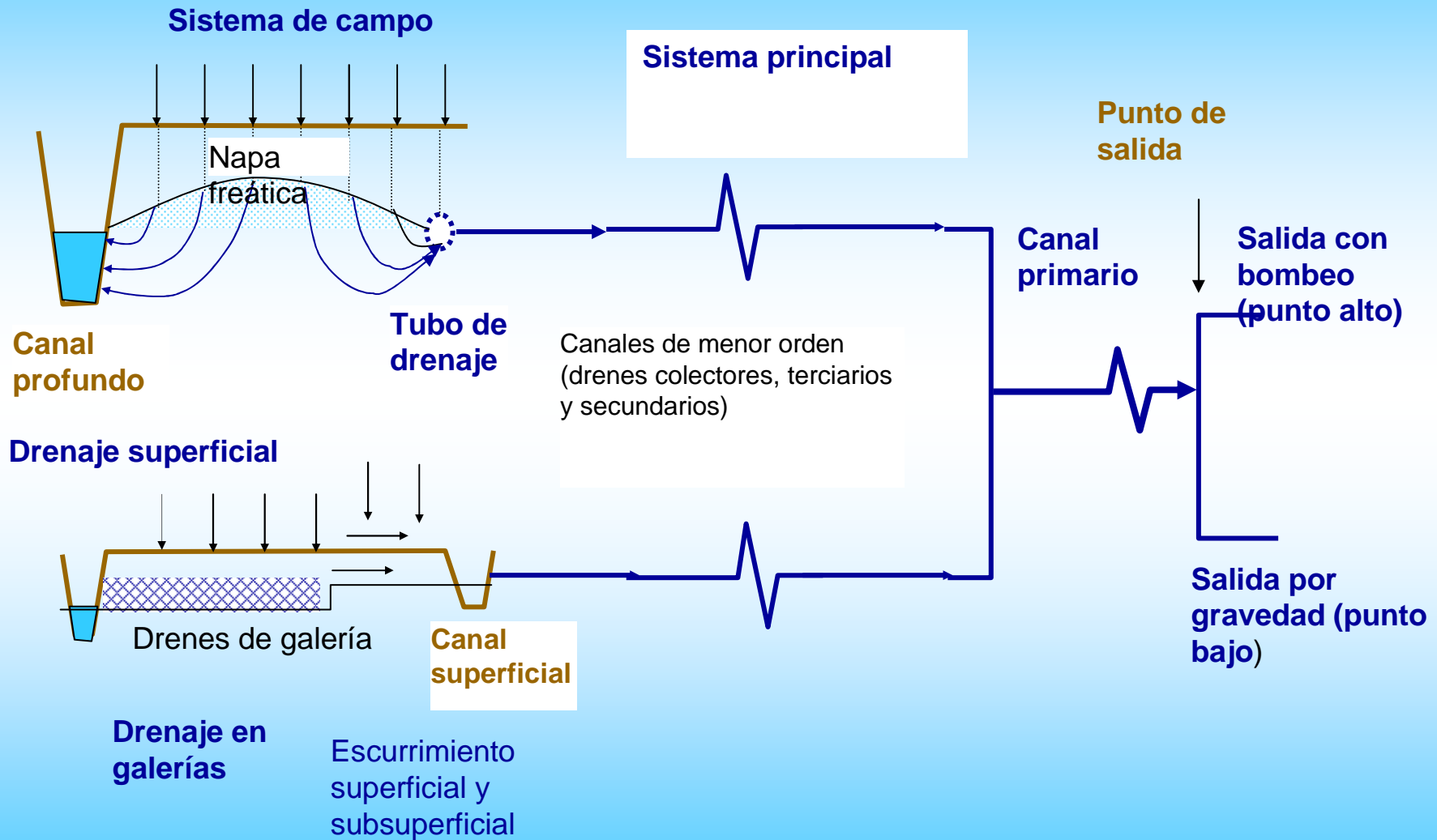








Principales componentes de un sistema de drenaje



TIPOS DE DRENAJE

Exceso de agua:

- en superficie (encharcamiento, saturación del suelo)
- en profundidad (mala percolación , napa de agua)

Esto determina diferentes tipos de drenaje:

- superficial
- subterráneo o de perfil

Drenaje superficial:

- Sistematización de áreas y/o nivelación de tierras (eliminación del microrelieve).
 - Conformación
 - Nivelación
 - Emparejamiento.

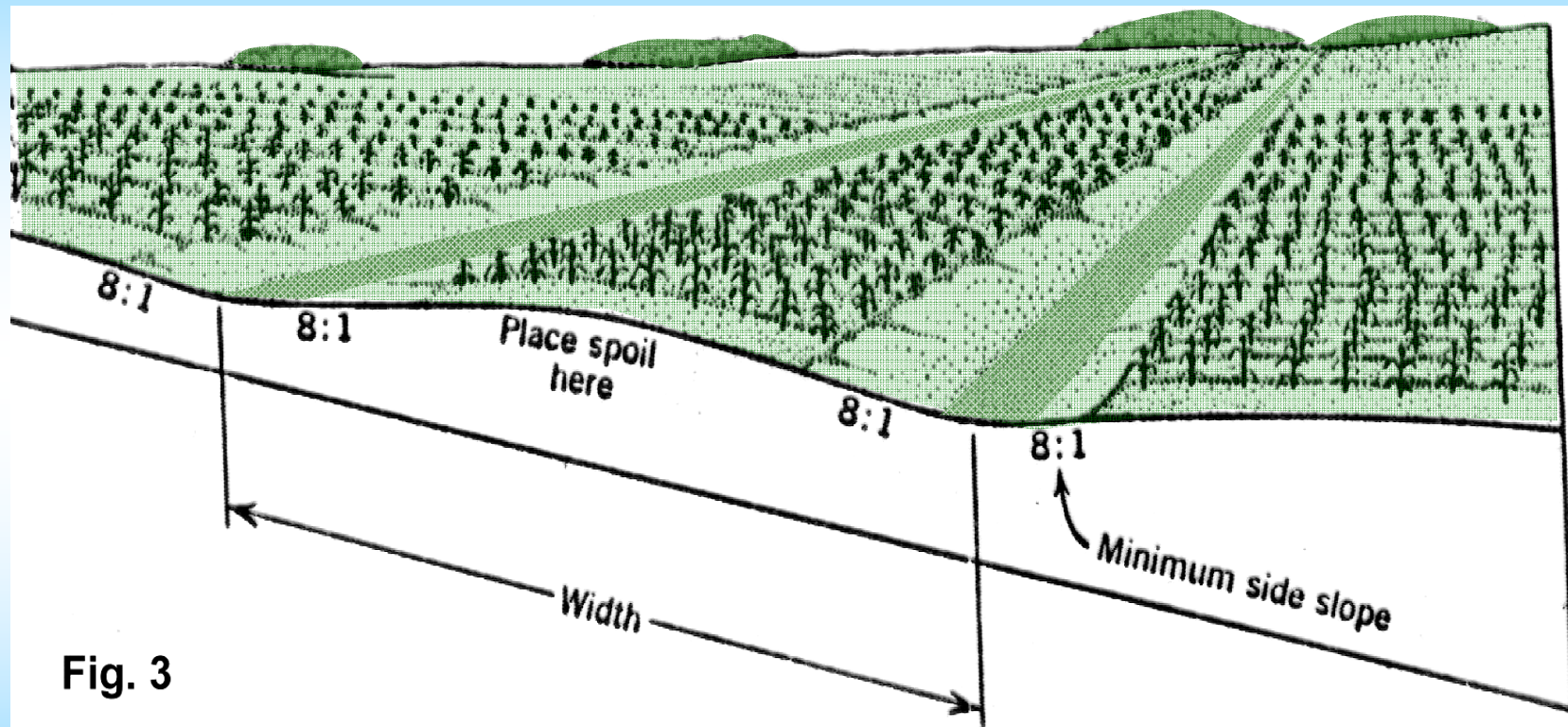


Fig. 3



Drenaje superficial:

- Sistematización de áreas y/o nivelación de tierras (eliminación del microrelieve).
 - Conformación
 - Nivelación
 - Emparejamiento.
- Canteros y camellones

Drenaje superficial:

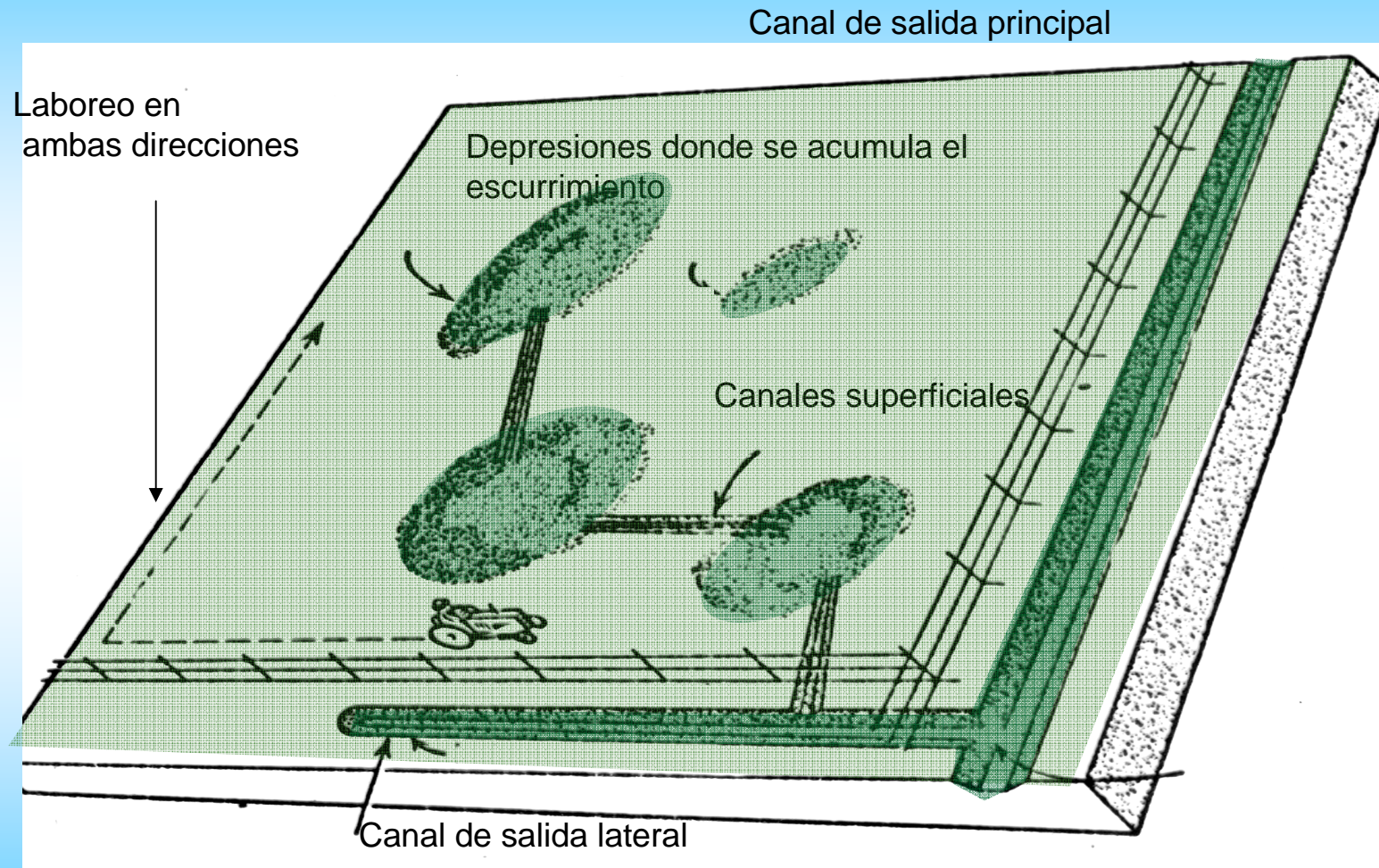
- Sistematización de áreas y/o nivelación de tierras (eliminación del microrelieve)
 - Conformación
 - Nivelación
 - Emparejamiento.
- Canteros y camellones
- Drenaje propiamente dicho

los sistemas están formados por drenes abiertos y su disposición es generalmente de 3 tipos:

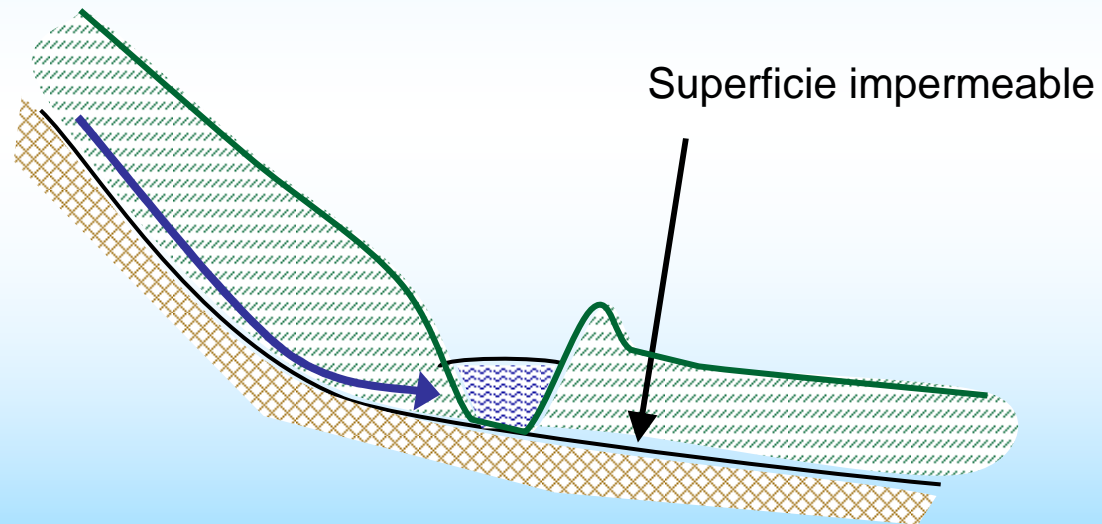
- Sistema paralelo (áreas planas, topografía irregular, pendiente < 2 %)
- Sistema casualizado (áreas planas, topografías irregulares, depresiones repartidas al azar)
- Sistema transversal (cuando la pendiente es alta, o en las uniones de las laderas con los bajos, para interceptar el escurrimiento.)



Sistema casualizado



Sistema de interceptación: intercepta el flujo subterráneo cuando su gradiente es $> 2\%$. Está formado por los **drenes de ladera**

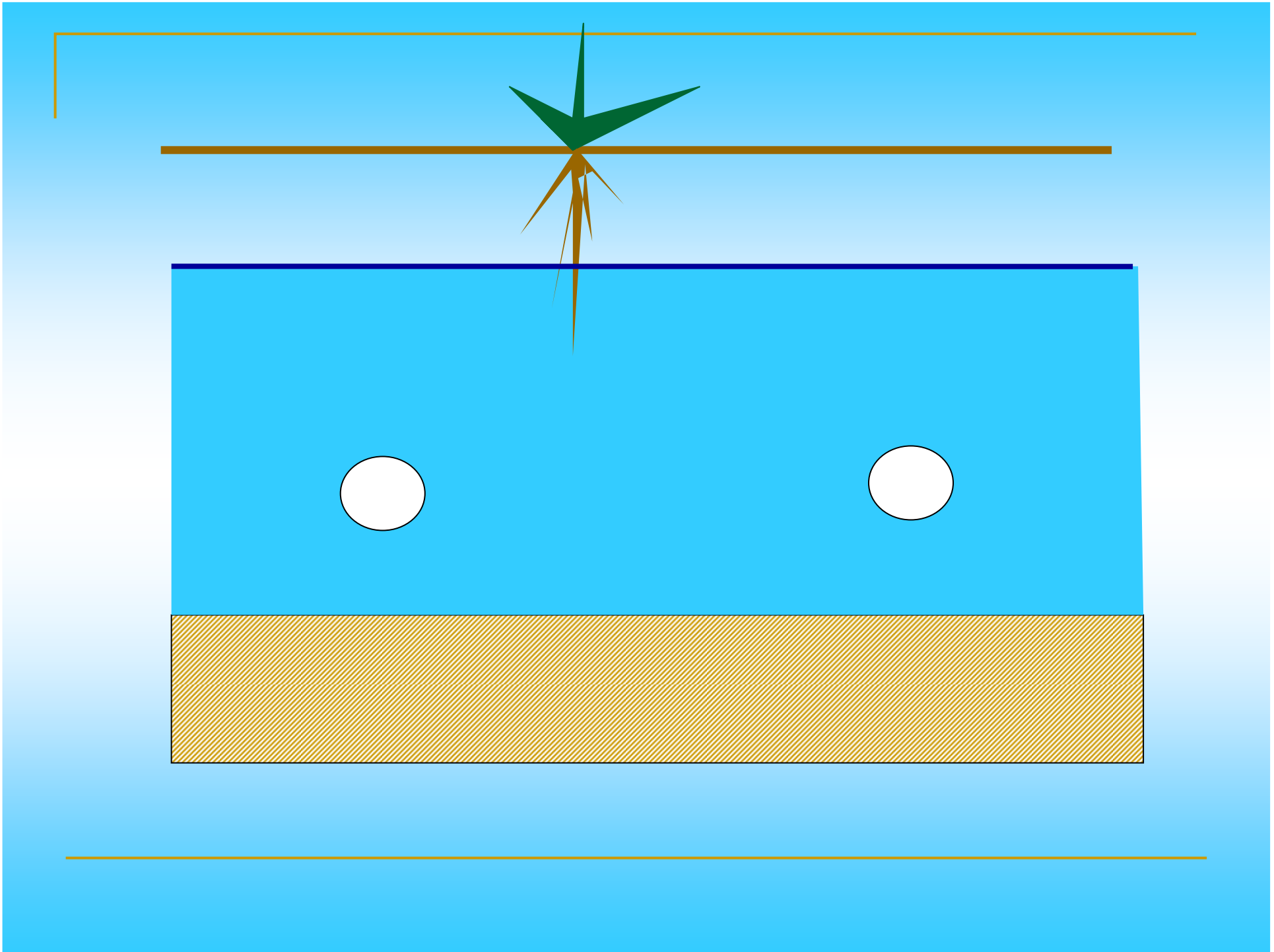


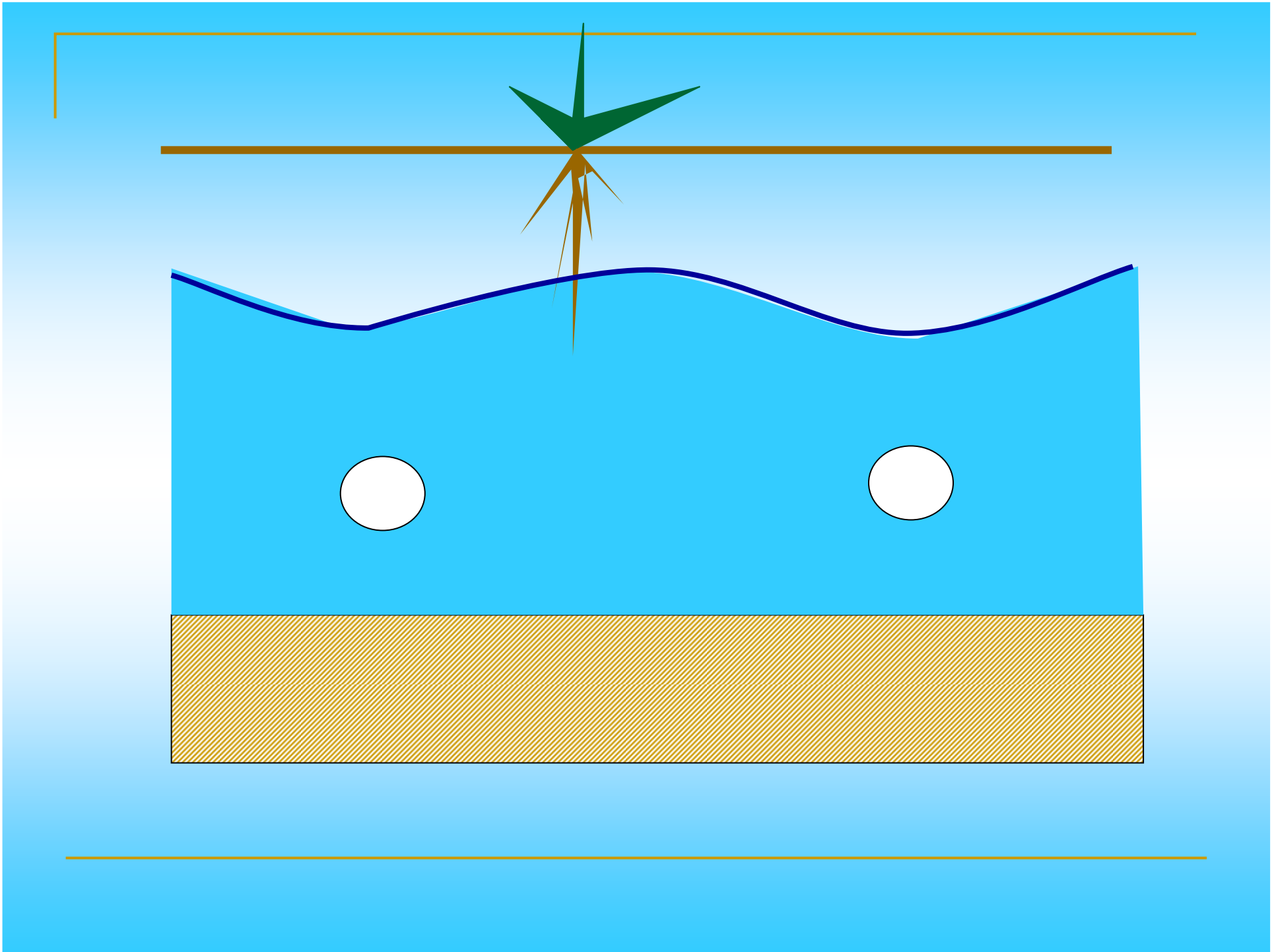
Drenaje de perfil

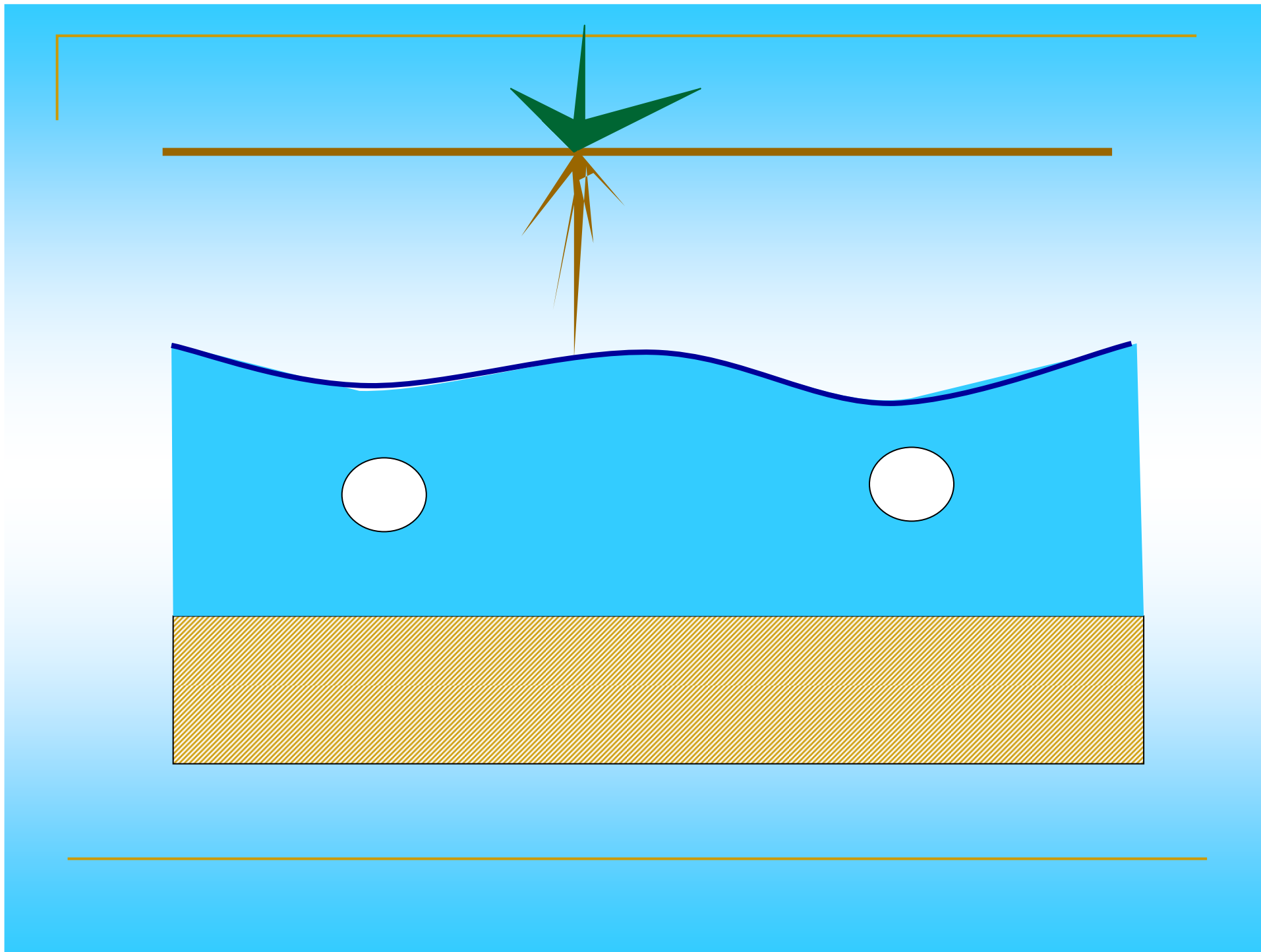
Los sistemas de drenaje se clasifican en:

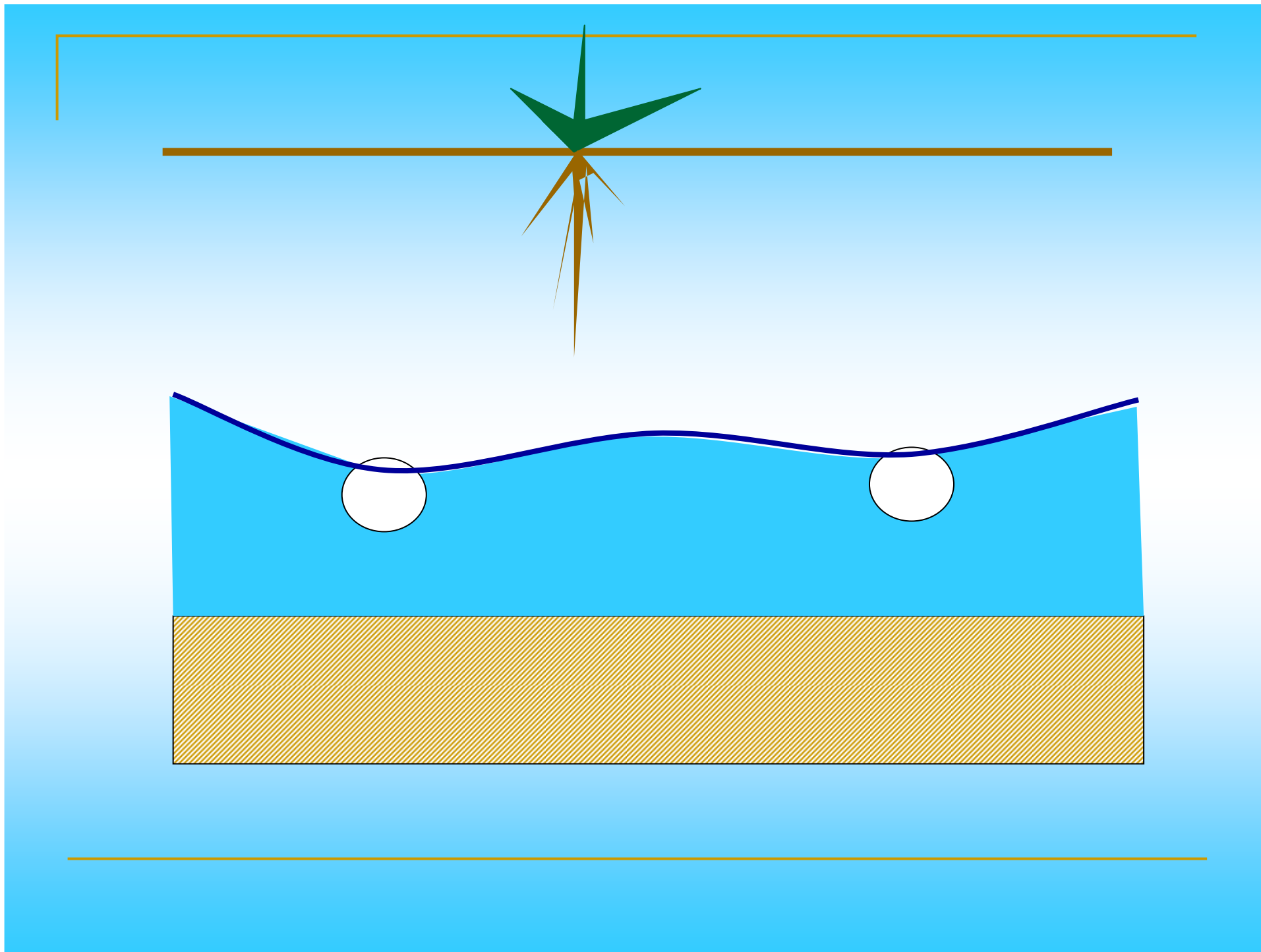
- de alivio
- de intercepción

Sistema de alivio: para rebajar y controlar el nivel freático cuando éste es plano o tiene un gradiente hidráulico $< 1\%$





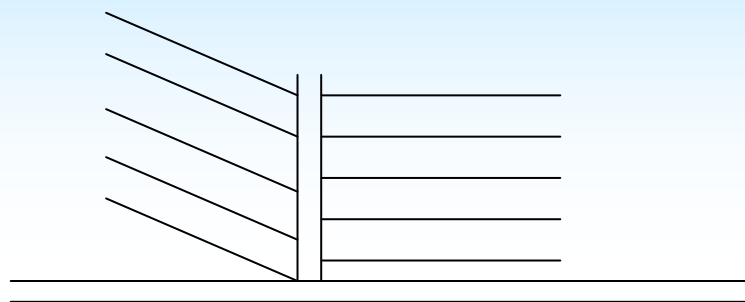




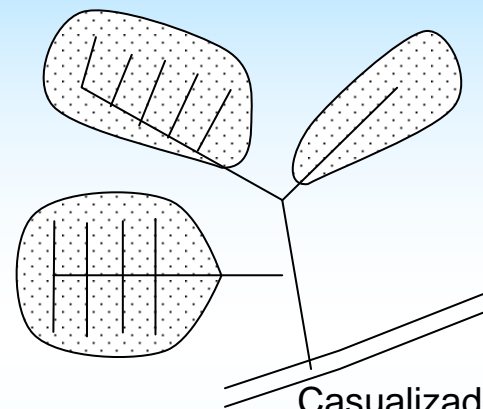
Disposición en el campo:

- el canal principal debe seguir los bajos naturales
 - el canal colector debe interceptar la líneas de flujo
 - los drenes de alivio van generalmente paralelos a las líneas de flujo
-

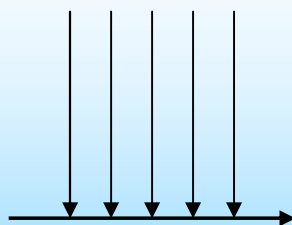
Sistemas de alivio mas comunes



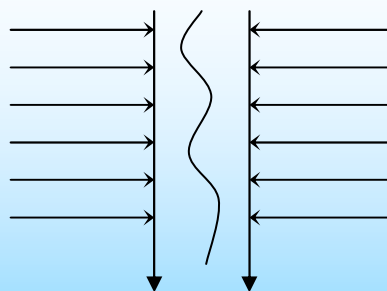
Sistema mixto



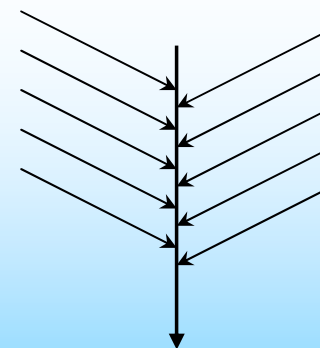
Casualizado



Paralelo



Doble principal



Espina de pescado

TIPOS DE DRENES

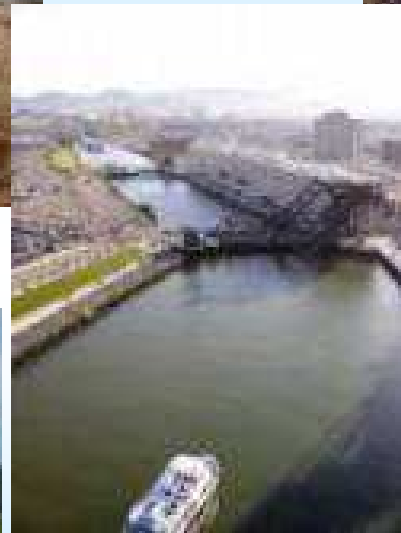
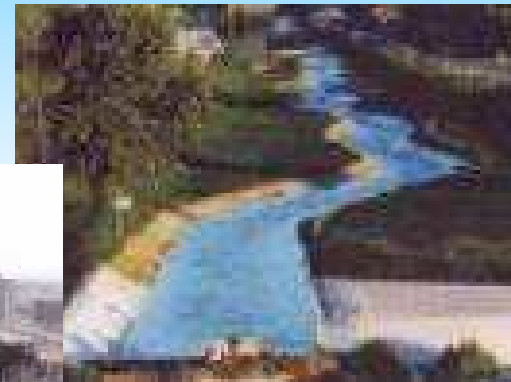
1. Drenes abiertos: Canales abiertos en tierra

Ventajas:

- mayor eficiencia del drenaje
- bajo costo de implantación

Desventajas:

- alto costo de mantenimiento
- pérdida de área útil para el cultivo
- desmoronamientos laterales







TIPOS DE DRENES

2. Drenes galería o drenes topo: Son galerías abiertas en el suelo con subsolador con torpedo. El suelo debe estar con humedad adecuada.

Ventajas:

- bajo costo de implantación
- especialmente indicados para suelos arcillosos compactados donde el espaciamiento de drenes normales sería muy bajo
- se usa toda el área.

Desventajas:

- baja durabilidad
- erosión interna













TIPOS DE DRENES

3. Drenes tubulares:

Drenes instalados a determinada profundidad del suelo, respetándose el espaciamiento, diámetro, pendiente y disposición de los mismos para la mejor eficiencia.

Materiales:

- fajas de caña, cañas sin tabiques
- piedras
- telas
- maderas
- tubos de barro perforado
- tubos de concreto
- tubos flexibles o corrugados de PVC o polietileno, etc..

La mayor o menor eficiencia y durabilidad dependerá del material y los cuidados de instalación.

Filtros:

- Arena, grava
- Fibra de palmera
- Textiles

Pendiente

Debe permitir una velocidad mínima de 0.4 m/s, para que provoque auto -lavado

TIPOS DE DRENES





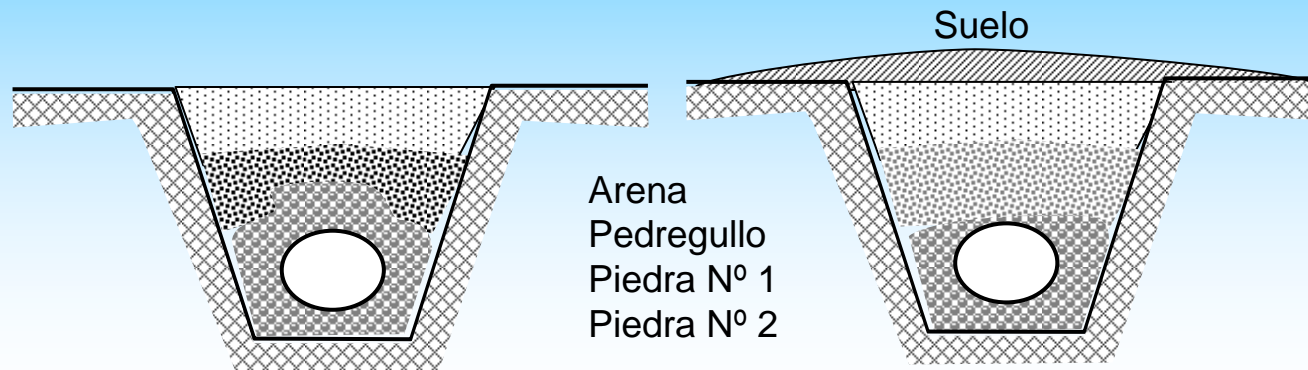






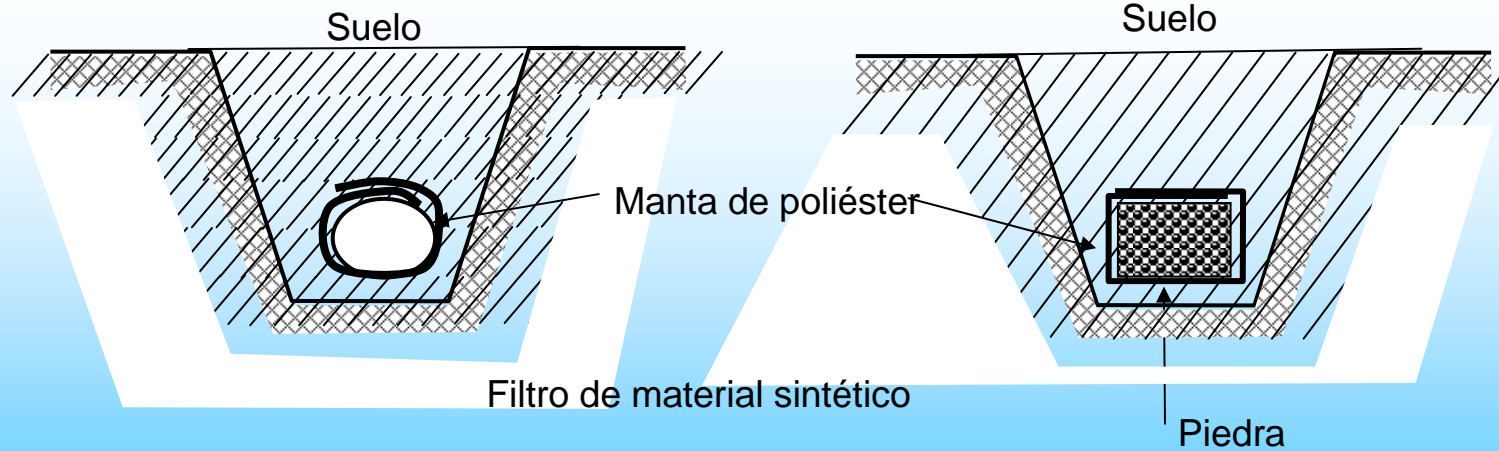


Filtros para drenes tubulares



Filtro simple

Filtro con variación
granulométrica excesiva



Filtro de material sintético

Piedra

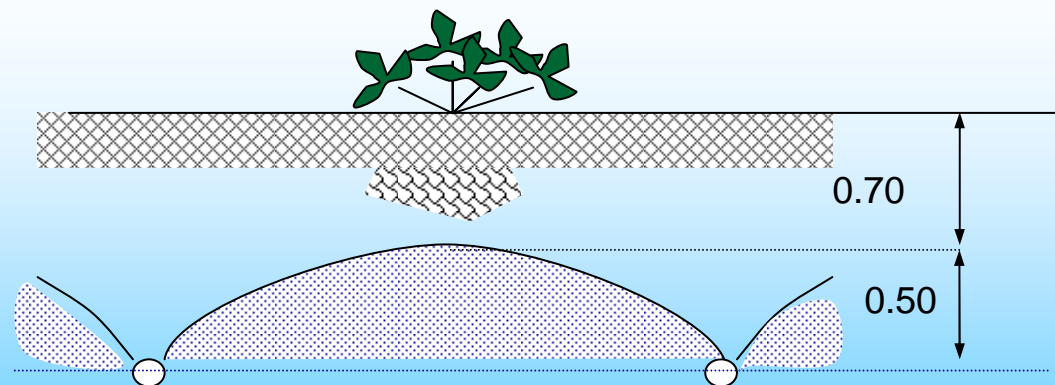
Diseño del sistema

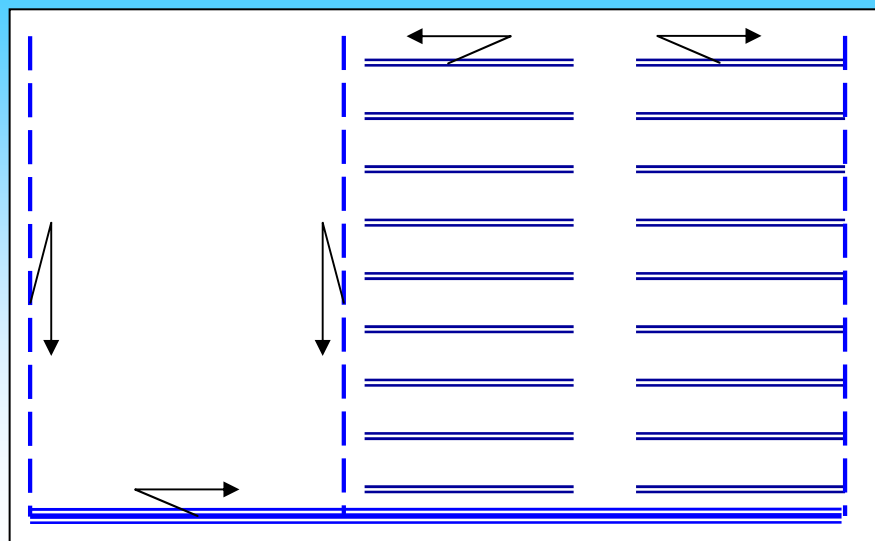
PENDIENTE: Debe permitir una velocidad mínima de 0.4 m/s, para que provoque auto-lavado

DISEÑO DEL SISTEMA

Ejemplo: cultivo de alfalfa, con profundidad radicular de 0.70 cm

La pendiente de los drenes de alivio es generalmente 0.2 – 0.5 %. Cuanto mayor sea, menor será el diámetro del dren, pero mas profundo estará el dren colector.





==== Drenes de alivio entubados

- - - Canal colector

==== Canal principal

Longitud de drenes 300m

Pendiente 3 %

Desnivel 0.90 m

Desagüe 15 cm encima del fondo

Pendiente colector = pendiente terreno

"h" principal 20 cm

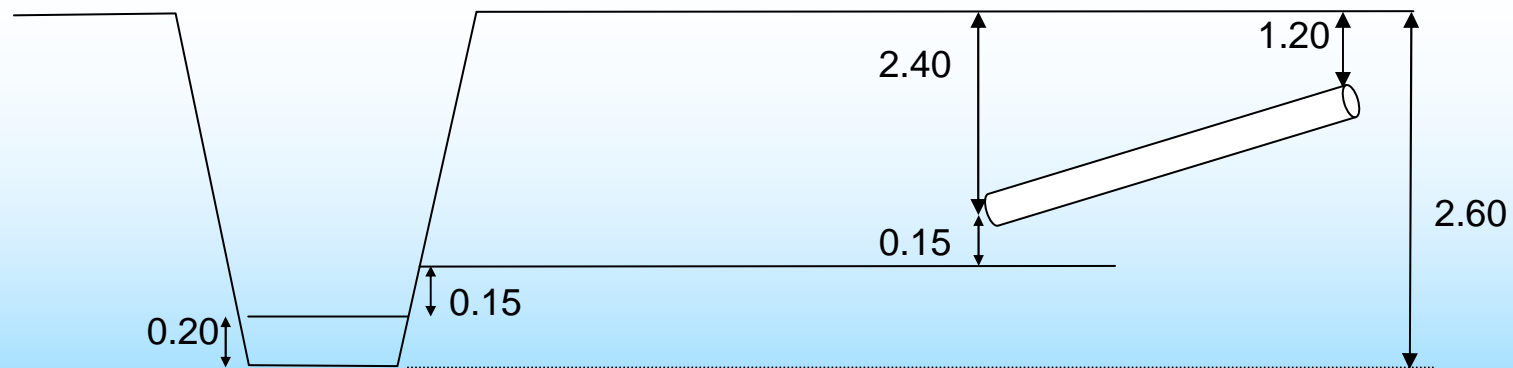
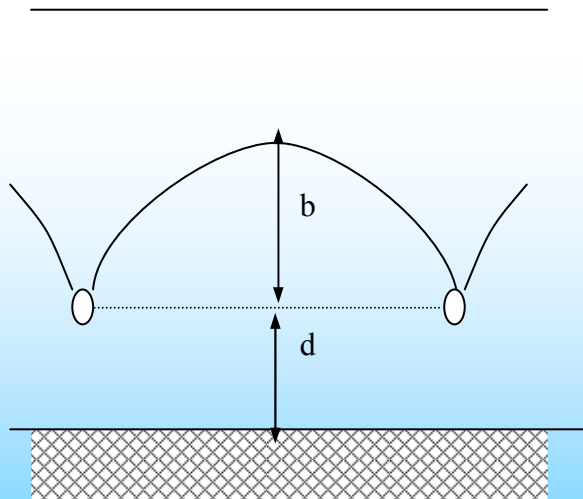


Fig. 9.10: Disposición de un sistema de drenaje

Espaciamiento entre drenes

$$S^2 = \frac{4K(b^2 + 2bd)}{q}$$



S: espaciamento entre drenes

K: conductividad hidráulica

q : coeficiente de drenaje

q: l/t

l = mm que hay que drenar

t = tiempo que soporta el cultivo sin sufrir daño

Espaciamiento entre drenes

El espaciamiento entre drenes será mayor a:

- mayor conductividad hidráulica
- mayor profundidad de los drenes
- mayor profundidad de la capa impermeable, y
- en el caso de cultivos mas resistentes

Profundidades y espaciamientos de drenes, mas comunes en suelos no diferenciados

SUELO	ESPACIAMIENTO (m)	PROFUNDIDAD (m)
Arcilloso	10 – 17	1.00 - 1.15
Arcillo limoso	13 – 23	1.00 - 1.15
Franco limoso	20 – 33	1.15 - 1.30
Franco arenoso	33 – 40	1.30 - 1.50
Arenoso franco	33 – 67	1.30 - 1.65
Suelos irrigados	50 – 200	1.65 - 2.65

Dimensionamiento de los tubos

Funcionan parcialmente llenos, bajo la presión atmosférica.

Se comportan como un conducto libre



Dimensionamiento de tubos de drenaje

$$d = \sqrt{\frac{Q * n}{K * i}}$$

d - diámetro del tubo (m)

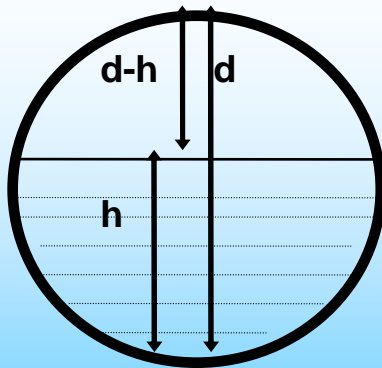
Q - caudal (m³/s)

n - coeficiente de Manning

tubos corrugados 0.017- 0.018

K - coeficiente relación h/d

i - pendiente drenes (m/m)



h/d (%)	K
50	0.156
⇒60	0.200
⇒70	0.244
80	0.284
90	0.315
⊕95	0.324
100	0.311

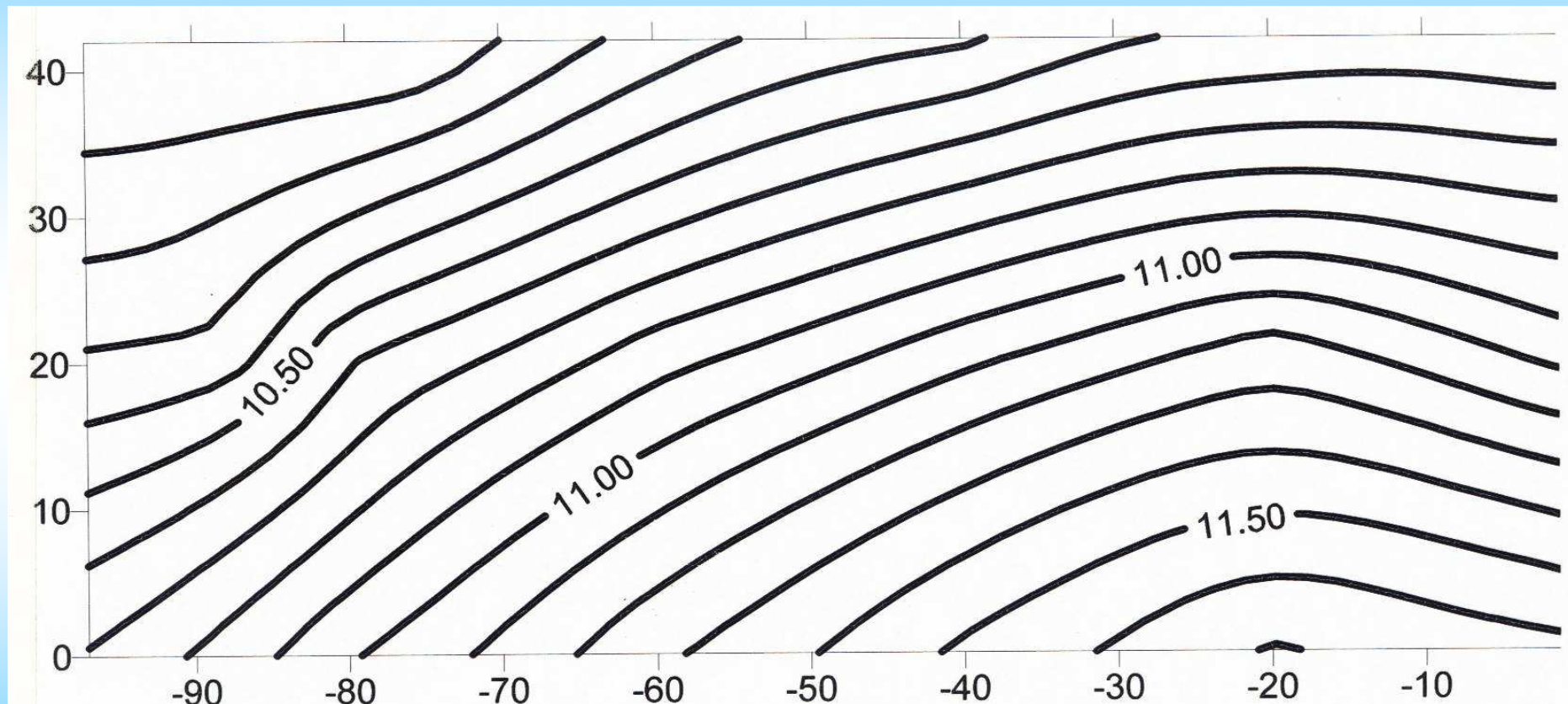
⇒Valores más usados

⊕Caudal máximo

DRENAJE



Plano topográfico



Profundidad de la napa

